



PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number:

2003195201 A

(43) Date of publication of application: 09.07.2003

(51) Int. Cl. G02B 26/08

B41J 2/445, G02B 26/10, G03F 7/20, H04N 1/04, H04N 1/19

(21) Application number: 2001396578

(22) Date of filing: 27.12.2001

(71) Applicant: FUJII PHOTO FILM CO LTD

FUJII PHOTO OPTICAL CO LTD

(72) Inventor: SAWANO MITSURU

ISOZAKI MAKOTO

(54) OPTICAL MODULATION ELEMENT, OPTICAL MODULATION ELEMENT ARRAY AND EXPOSURE DEVICE USING THE SAME

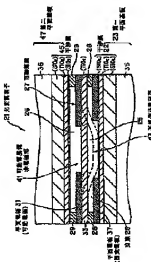
45 and transparent to the light to be modulated is parallelly arranged facing each other across the clearance 26.

COPYRIGHT: (C)2003,JPO

(57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an optical modulation element capable of widening a light-transmittable wavelength margin and thus moderating film thickness accuracy, optical system incorporation accuracy and wavelength accuracy of incident light, etc., and to provide an optical modulation element array and an exposure device using it.

SOLUTION: In the optical modulation element 21, a first planar substrate 23 and a movable thin film 27 respectively provided with an interference film and transparent to the light to be modulated are arranged in parallel facing each other across a clearance 25, the movable thin film 27 is displaced to the first planar substrate 23 by electrostatic force generated by applying a voltage to planar electrodes 31 and 37 respectively provided on the first planar substrate 23 and the movable thin film 27 and a light quantity to be transmitted through or reflected from the movable thin film 27 is changed. On the opposite side of the first planar substrate 23 across the movable thin film 27, a second planar substrate 47 provided with the interference film



(50) Int.Cl.	識別記号	F I	特許庁(参考)
G 0 2 B 28/08		G 0 2 B 28/08	J 2 C 1 6 2
B 4 1 J 2/445		28/10	G 2 H 0 4 1
G 0 2 B 26/10		G 0 3 F 7/20	5 0 5 2 H 0 4 5
G 0 3 F 7/20	5 0 5		5 1 1 2 H 0 9 7
	5 1 1	H 0 4 N 1/04	B 5 C 0 7 2
審査請求 実審査 審査中の表5			
		Q.L. (金 14 円)	特許料に等しく

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 14 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2001-396578(P2001-396578)

(71) 出願人 000005201

(22) 出願日 平成13年12月27日 (2001.12.27)

富士写真フイルム株式会社

神奈川県南足柄市中区21番地

(71) 出願人 000005430

富士写真光線株式会社

埼玉県さいたま市北区植竹町1丁目324番

地

(72) 発明者 渡野 光

神奈川県足柄上郡開成町宮倉758番地 富

士写真フイルム株式会社内

(74) 代理人 100106647

弁理士 小栗 昌平 (外4名)

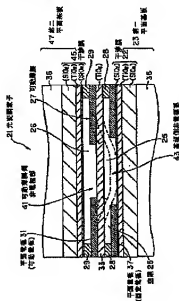
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光変調素子及び光変調素子アレイ並びにそれを用いた露光装置

(57) 【要約】

【課題】 光透過を可能にする波長マージンを広くすることができ、それにより、露光精度、光学系組み込み精度、入射光の波長精度等を稼ぐことができる光変調素子及び光変調素子アレイ並びにそれを用いた露光装置を得る。

【解決手段】 それぞれが平砂膜を備え変調する光に対して透明な第一平面基板23と可動薄膜27とを空隙25を隔てて平行に対向配置し、第一平面基板23及び可動薄膜27のそれぞれに設けた平面電極31、37への電圧印加により発生させた静電気力によって可動薄膜27を第一平面基板23に対して変位させ、可動薄膜27を透過又は反射する光量を変化させる光変調素子21において、平砂膜27を挟んで第一平面基板23の反対側に、平砂膜45を備え変調する光に対して透明な第二平面基板47を、空隙26を隔てて平行に対向配置した。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 それぞれが干渉膜を備え透過する光に対して透明な第一平面基板と可動薄膜とを空隙を隔てて平行に対向配置し、前記第一平面基板及び前記可動薄膜のそれぞれに設けた平面電極への電圧印加により発生する静電気力によって、前記可動薄膜を前記第一平面基板に対して変位させ、前記可動薄膜を透過又は反射する光量を変化させる光変調素子であって、前記可動薄膜を挟んで前記第一平面基板の反対側に、干渉膜を備え透過する光に対して透明な第二平面基板を、空隙を隔てて平行に対向配置したことを特徴とする光変調素子。

【請求項2】 前記可動薄膜が、前記平面電極の形成されない可動薄膜面非電極部を有し、前記第一平面基板が、前記可動薄膜側非電極部と対面する位置に前記平面電極の形成されない基板側非電極部を有していることを特徴とする請求項1記載の光変調素子。

【請求項3】 前記可動薄膜を矩形状に形成し且つ前記可動薄膜の長手方向両端を支持した請求項1又は請求項2記載の光変調素子を、

同一平面上で、前記可動薄膜の長手方向に直交する方向に複数近接させて並設したことを特徴とする光変調素子アレイ。

【請求項4】 請求項3記載の光変調素子アレイと、前記光変調素子アレイに光ビームを照射するレーザ光源と、前記光ビームに感光する感光材料に対して、前記光変調素子アレイからの出射光を主走査方向及びこれと直交する副走査方向に相対移動させる移動手段とを備えたことを特徴とする露光装置。

【請求項5】 請求項3記載の光変調素子アレイと、前記光変調素子アレイに光ビームを照射する高出力レーザ光源と、前記光変調素子アレイからの出射光を集光する集光レンズと、前記集光レンズに感光する感光材料に対して、前記集光レンズにより集光された出射光を主走査方向及びこれと直交する副走査方向に相対移動させる移動手段とを備えたことを特徴とする露光装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、静電気力で可動薄膜を変位させることにより、可動薄膜を透過又は反射する光の量を変化させて、光を変調する光変調素子及び光変調素子アレイ並びにそれを用いた露光装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 光の振幅、位相、周波数を時間的に変化させる制御素子に光変調素子がある。光変調素子は、光を透過させる物質の屈折率を、物質に印加する外場によ

って変化させ、屈折、回折、吸収、散乱等の光学現象を介して、最終的にこの物質を透過又は反射する光の強度を制御する。この一つ、マイクログラッシングにより作製された可動薄膜を、静電気力により機械的動作させることで光変調する電気機械的な光変調素子が知られている。この光変調素子としては、例えば図14(a)に示すように、透明な可動電極1と干渉膜を有するダイアフラム3からなる可動薄膜5を、固定電極9を有する平面基板11上に支持部7を介して架設したものがあ

【0003】この光変調素子では、図14(b)に示すように、両電極1、9間に所定の駆動電圧 V_{off} を印加することで電極1、9間に静電気力を発生させ、可動薄膜5を固定電極9に向かって誘引させる。これに伴って素子自体の光学特性が変化し、光変調素子は光が透過する透過状態となる。これは、例えばフアブリペロー干渉を利用して光変調部から出射される光の強度を制御することで変化させる。一方、印加電圧をゼロとする等の非駆動電圧を印加することで可動薄膜5が弾性復原し、光変調素子は光を反射する反射状態となる。このようにして、例えば光変調素子の入射光導入側においては、駆動電圧の印加により明となり、非駆動電圧の印加により暗となる光変調が実現される。この種の光変調素子によれば、静電誘導により可動薄膜5を駆動するので、従来の液晶型光変調器に比べて高速度応答が可能となる。

【0004】ここで、上記のようなフアブリペロー干渉を利用した基本的な光変調作用について説明する。フアブリペロー干渉では、入射光線が、反射と透過を繰り返して多数の光線に分割され、これらは互いに平行となる。透過光線は、無限遠において直なり合い干渉する。面の垂線と入射光線のなす角を θ とすれば、隣り合う二光線間の光路差は $x = n \cdot t \cdot \cos \theta$ で与えられる。但し、 n は二面間の屈折率、 t は間隔である。光路差 x が波長 λ の整数倍であれば透過率は互いに強め合い、半波長の奇数倍であれば互いに打ち消し合う。即ち、反射の際の位相変化がなければ、

$$2nt \cdot \cos \theta = m\lambda \quad \dots (1) \quad \text{で透}$$

過光最大となり、

$$2nt \cdot \cos \theta = (2m+1)\lambda/2 \quad \dots (2) \quad \text{で透}$$

過光最小となる。

但し、 m は整数である。即ち、平行ミラー間で反射と透過が繰り返されるフアブリペロー干渉においては、空隙の略整數倍の波長のみの光変調素子を透過する。

【0005】ここで、図14に示す構成の光変調素子を用い、例えばブラックライト用紫外線ランプ（低圧水銀ランプ）からの出射光を光変調する場合を考える。低圧水銀ランプの内側にブラックライト用の蛍光体を塗布した管が、その蛍光紫外線の光特性は、例えば図15に示すように、360nm付近に中心波長 λ_0 を持つようにする。

【0006】ここで、光変調素子に非駆動電圧 V_{off} を

印加したときの空隙10の間隔を t_{off} とする(図14(a)の状態)。また、駆動電圧 v_{on} を印加したときの空隙10の間隔を t_{on} とする(図14(b)の状態)。更に、 t_{on} 、 t_{off} を下記のように設定する。

$$t_{on} = 1/2 \times \lambda_0 = 180 \text{ nm}$$

$$t_{off} = 3/4 \times \lambda_0 = 270 \text{ nm}$$

但し、

$$m = 1$$

λ_0 : 紫外線の中心波長

とする。

【0007】また、可動薄膜5及び干渉膜3は、その光強度反射率を $R=0.85$ とする。空隙10は空気又は希ガスとし、その屈折率は $n=1$ とする。紫外線はコリメートされているので、光変調素子に入射する入射角 θ は略ゼロとする。このときの光変調素子の波長に対する光透過率は図18に示すようになる。即ち、光変調素子21は、可動電極1と固定電極9との間に非駆動電圧 V_{off} を印加したとき、 $t_{off}=270 \text{ nm}$ となり、図15に示す 360 nm 付近に中心波長 λ_0 を持つ紫外線をほとんど透過させない。一方、駆動電圧を印加して $t_{on}=180 \text{ nm}$ となし、 360 nm 付近に中心波長 λ_0 を持つ紫外線を透過させるようになる。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記従来の光変調素子では、干渉モードで光変調を行う場合に、光透過と可逆とする波長域(波長マージン)が非常に狭くなる傾向がある。上記の光変調素子の場合、図16に示す波長 360 nm 付近の波長スペクトル、即ち、光透過状態となり得る波長域は、非常にシャープな分布となり透過帯が狭小となる。従って、この狭小な透過帯によって光変調素子を正しく動作させるには、光変調素子製造時の膜厚精度、光学系組み込み精度、入射光の波長精度等を高精度に維持しなければならず、但し、この狭小な透過帯を越えるような変動が生じたときには、光変調素子が光のオン/オフ制御が行えなくなる。このため、光変調素子の製造コストが増大するといった問題があった。

【0009】本発明は、このような状況に鑑みてなされたもので、光のオン/オフ変調が可能となる波長マージンを広くすることができ、それにより、膜厚精度、光学系組み込み精度、入射光の波長精度等を緩めることができる光変調素子及び光変調素子アレイ並びにそれを用いた露光装置を提供し、もって、光変調素子の製造コスト低減を図ることを目的とする。

【0010】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するための本発明に係る請求項1記載の光変調素子は、それぞれが干渉膜を備え変調する光に対して透明な第一平面基板と可動薄膜とを空隙を隔てて平行に対向配置し、前記第一平面基板及び前記可動薄膜のそれぞれに設けた平面電

極への電圧印加により発生する静電気力によって、前記可動薄膜を前記第一平面基板に対して変位させ、前記可動薄膜を透過又は反射する光量を変化させる光変調素子であって、前記可動薄膜を挟んで前記第一平面基板の反対側に、干渉膜を備え変調する光に対して透明な第二平面基板を、空隙を隔てて平行に対向配置したことを特徴とする。

【0011】この光変調素子では、可動薄膜と第一平面基板とからなる干渉フィルター(フリップルーバースト)に、干渉膜を有する第二平面基板を空隙を隔てて直列に結合することで、比較的に広い波長域の透過帯が得られるようになる。つまり、従来、可動薄膜と第一平面基板とを透過させた場合には狭かつた、光透過を可能にする波長マージンを広くすることができ、これにより、膜厚精度、光学系組み込み精度、入射光の波長精度等を緩めることができ、その結果、光変調素子の製造コストを低く抑えることができるようになる。

【0012】請求項2記載の光変調素子は、前記可動薄膜が、前記第一平面基板が、前記可動薄膜側非電極部と対する位置に前記第一平面電極の形成されない基板側非電極部を有していることを特徴とする。

【0013】この光変調素子では、可動薄膜及び第一平面基板の光透過部位に透明電極を設ける必要がないので、透明電極による光の吸収を皆無にできる。また、光強度が高い場合に生じる透明電極の発熱による変形・破壊等が防止でき、光変調素子の高速駆動と長寿命化が実現する。さらに、光の吸収がなくなるので、透過光の強度も増大させることができる。なお、前記干渉膜を、屈折率の高い誘電体材料と、屈折率の低い誘電体材料とを交互に積層した多層干渉膜とすれば、各層間の境界面での反射光や透過光による干渉を強め合い、高反射率、高透過率が得られるようになる。さらに、前記第一平面基板の多層干渉膜と、前記第二平面基板の多層干渉膜とを、前記可動薄膜を対称に同一の積層構造を有したものとすれば、可動薄膜の移動による透過光量の変化を大きくできる。

【0014】請求項3記載の光変調素子アレイは、前記可動薄膜を矩形に形成し且つ前記可動薄膜の長手方向両端を支持した請求項1又は請求項2記載の光変調素子を、同一平面上で、前記可動薄膜の長手方向に直交する方向に複数近接させて並設したことを特徴とする。

【0015】この光変調素子アレイでは、光変調素子を、同一平面上で、可動薄膜の長手方向に直交する方向に複数近接させて並設することで、光変調素子の並設数と同数の画素数で、1ライン分を同時に光変調することができる。

【0016】請求項4記載の露光装置は、請求項3記載の光変調素子アレイと、前記光変調素子アレイに光ビームを照射するレーザ光源と、前記光ビームに感光する感

光材料に対して、前記光変調素子アレイからの出射光を主走査方向及びこれと直交する副走査方向に相対移動させる移動手段とを備えたことを特徴とする。

【0017】この露光装置では、請求項3記載の光変調素子アレイを用い、この光変調素子アレイにレーザ光源からの光を照射し、光変調素子から出射される光を移動手段によって感光材料に対して相対移動させつつ感光材料に照射することで、感光材料を直接走査露光することができる。

【0018】請求項5記載の露光装置は、請求項3記載の光変調素子アレイと、前記光変調素子アレイに光ビームを照射する高出力レーザ光源と、前記光変調素子アレイからの出射光を集光する集光レンズと、前記光ビームに感光する感光材料に対して、前記集光レンズにより集光された出射光を主走査方向及びこれと直交する副走査方向に相対移動させる移動手段とを備えたことを特徴とする。

【0019】この露光装置では、請求項3記載の光変調素子アレイを用い、この光変調素子アレイにレーザ光源からの光を照射し、光変調素子から出射される光を集光レンズにより集光させて、この出射光を移動手段によって感光材料に対して相対移動させつつ感光材料へ照射することで、感光材料を直接走査露光することができ、ほぼ密着露光に近い光学系を構成できる。

【0020】

【発明の実施の形態】以下、本発明に係る光変調素子及び光変調素子アレイ並びにそれを用いた露光装置の好適な実施の形態を図面を参照して詳細に説明する。図1は本発明に係る光変調素子の構成を示す断面図、図2は図1に示した光変調素子の平面図、図3は光変調素子の層構造例を示す説明図である。

【0021】図1に示すように、光変調素子21は、上面に干渉膜22及び平面電極37を有し変調する光に対して透明な第一平面基板23と、この第一平面基板23の上面に縦紋層の形成・除去等の方法によって形成した空隙26を隔てて、干渉膜及び平面電極（可動電極）31を有する可動薄膜27と、さらに同様の空隙26を隔てて、下面に干渉膜45を有し変調する光に対して透明な第二平面基板47とを基本構成として備えている。これら第一平面基板23、可動薄膜27、第二平面基板47は互いに平行に対向配置されている。なお、可動薄膜27は、可動薄膜27自体を干渉膜により形成する他にも、干渉膜を別途形成してもよい。なお、本実施の形態においては可動薄膜27自身が干渉膜となる場合を例に説明する。

【0022】第一平面基板23は、ガラス基板35、干渉膜23、平面電極（固定電極）37を順次積層した構造であり、固定電極37上には支持部28が立設されている。第一平面基板23の固定電極37上に立設された支持部28は、例えばシリコン酸化物、シリコン窒

物、セラミック、樹脂等からなり、その上面を可動薄膜27と接合させている。可動薄膜27は、弾性を有し、矩形状に形成され、支持部28に長手方向両端部を接合されて、平面電極（可動電極）31を、干渉膜であるダイナミック33上に埋層した構造となっている。

【0023】可動電極31及び固定電極37は、アルミニウムからなるが、この他にも、金属或いは導電性を有する金属化合物が利用できる。この金属としては、金、銀、パラジウム、亜鉛、銅等の金属薄膜を用いることができ、金属化合物としては、これら金属の化合物等を用いることができる。また、ダイナミック33は、TiO₂からなるが、シリコン窒化物、各種酸化物、窒化物等を用いることができる。可動薄膜27に干渉膜を別途に設ける場合には、この他にも、セラミック、樹脂等の他、ポリシリコン等の半導体、絶縁性のシリコン酸化物等を用いることができる。

【0024】第二平面基板47は、可動薄膜27に対面する面（図1の下面）に干渉膜45を有し、可動薄膜27の長手方向両端の可動電極31上に立設した支持部29を介して干渉膜45側の下面が支持されることで、第一平面基板23及び可動薄膜27に対して平行に対向配置されている。この第二平面基板47は、ガラス基板36に干渉膜45を積層した構造となっている。ここで、上記したガラス基板35、36は、ガラス以外にも、例えばポリエチレンテレフタレート、ポリカーボネート等の樹脂等を用いることができる。

【0025】また、光変調素子21は、図2に示すように、複数の可動薄膜27が例えば同一平面上で、可動薄膜27の長手方向に直交する方向に近接して、1次元のアレイ状に形成される。なお、図2中の各部位における寸法は、例えば $a=150\mu\text{m}$ 、 $b=20\mu\text{m}$ 、 $c=50\mu\text{m}$ 程度で形成することができる。

【0026】また、可動薄膜27の長手方向中央部には、この可動薄膜27に形成した可動電極31を長手方向両端に分散する薄膜側非電極部41を設けており、また、第一平面基板23にも、この薄膜側非電極部41に対面する基板側非電極部43を設けている。つまり、可動薄膜27の長手方向中央部とこれに対応する第一平面基板23の領域は電極部が存在せず、これら薄膜側非電極部41及び基板側非電極部43には、図1及び図2に示すように、可動電極31及び固定電極37を積極的に除去している。光変調素子21は、この薄膜側非電極部41及び基板側非電極部43が光透過部となって光変調を行うため、光透過部位に透明電極を設ける必要がなくなり、導電率や光透過率を向上させることができる。

【0027】上記のように、本実施形態の光変調素子21は、第一平面基板23のガラス基板35と、第二平面基板47のガラス基板36との間に、干渉膜22と干渉膜45とを有し、その干渉膜22と干渉膜45との間に、空隙25、26を挟んで干渉膜を有する可動薄膜27

7を配置した構成となっている。このように、可動薄膜27は、第一平面基板23側及び第二平面基板47側に空層25、26を有して干渉膜22、干渉膜45に対面している。

【0028】これら干渉膜22、45は、多層干渉膜からなり、例えば基層やスパッタにより形成した TiO_2/SiO_2 の多層膜とすることができる。これらの干渉膜22、45の層構成の例を図3に示した。本実施形態では、可動薄膜27に TiO_2 を用い、干渉膜22と、干渉膜45と、可動薄膜27とを全体で TiO_2 と SiO_2 の層を合計7層設けた多層干渉膜としている。即ち、その積層構成は、図3(b)に示すように、第一平面基板側から順に、ガラス/ $SiO_2/SiO_2/TiO_2/SiO_2$ /空層/ TiO_2 /空層/ $SiO_2/TiO_2/SiO_2$ /ガラスとなっている。これら干渉膜22、45は、屈折率の高い誘電体材料と屈折率の低い誘電体材料とを交互に積層されることで、各層間の境界面での反射光や透過光による干渉を巧み合い、高反射率、高透過率が得られる多層干渉効果によって、所謂ハーフミラーとしての機能を奏する。

【0029】また、第一平面基板23の干渉膜22と、第二平面基板47の干渉膜45とは、可動薄膜27を対称に同一の積層構成を有している。これにより、透過光量の可動薄膜の移動による変化を大きくできる。

【0030】次に、上記構成の光変調素子21の光変調動作を説明する。図4に光変調素子の動作を説明する断面図を示した。光変調素子21では、図4(a)に示す状態から、可動薄膜27の可動電圧91と第一平面基板23の固定電圧37との間に駆動電圧 V_{ON} を印加すると、可動薄膜27に電荷が静電誘導される。この電荷と第一平面基板23の固定電圧37との間に作用する静電気力によって、可動薄膜27は、図4(b)に示すように、第一平面基板23側へ吸着力が働くことによって弾性変形される。第一平面基板23上面に近接するように変位する。一方、非駆動電圧 V_{OFF} が印加されて静電気力による吸着力がなくなると、図4(a)に示すように、弾性復帰力によって再び可動薄膜27の中央部が空層25を隔てた位置に弾上して配置される。光変調素子21では、この可動薄膜27の変位動作又は弾性復帰動作により、特定の波長の光が選択的に透過又は反射される。

【0031】つまり、光変調素子21は、可動薄膜27の変位により、可動薄膜27、干渉膜22、45からなる平行ミラー間の距離をそれぞれ異ならせ、平行ミラー間で繰り返して反射させた合成波の強度を変化させることにより、導入された光を透過又は反射させている。即ち、フアブリペロー干渉を利用した光変調を行っている。

【0032】この光変調素子21では、可動薄膜27を変位させることで、干渉モードにて光変調を行っている。

る。これにより、低い駆動電圧(数V〜数十V)で、数十[nsec]の高速動作が可能になる。なお、干渉の条件を満たせば、空層25、26の間隔、屈折率、可動薄膜27及び干渉膜22、45の光強度反射率等はいずれの組合せでも良い。また、印加電圧の値により空層25、26の間隔を連続的に変化させること、透過スペクトルの中心波長を任意に変化させることが可能である。これにより透過光を連続的に制御することが可能である。即ち、印加電圧による階調制御が可能となる。また、本実施形態の光変調素子21は、入射した光を入射光導入部に反射して戻す反射型の光変調素子としても、また、第二平面基板47側から可動薄膜27を通して第一平面基板23側へ透過させる透過型の光変調素子としても構成できる。

【0033】本実施の形態による光変調素子21は、可動薄膜27と第一平面基板23とからなる従来構成の光変調素子による光変調作用に加えて、干渉膜45を有する第二平面基板47を空層26を隔てて上下直列に結合することで、従来構成の場合より大きい透過率を得ることができるようになっている。従って、従来、可動薄膜27と第一平面基板23とを配置して透過させるのみでは決った光透過を可能とする波長マージンを、広くできる。これにより、膜厚精度、光学系組み込み精度、入射光の波長特性等を緩めることができ、その結果、光変調素子の製造コストを低く抑えることができる。

【0034】また、上記構成の光変調素子21によれば、光変調部において、電極部による光の吸収を管理でき、光強度が強い場合に生じる電極部の発熱による変形・破壊等が防止でき、光変調素子21の高速動作が可能になり、かつ長寿命化が実現できる。さらに、光透過部位における光の吸収がなくなるので、透過光の強度も増大させることができる。また、可動薄膜を矩形状に形成し、その中央部の全てを薄膜側非電極部41として電極を除去したので、複数の光変調素子を一次元に配列した場合、隣接する光変調素子の光透過部同士の間で電極が介せず、露光装置、表示装置に用いた場合の両面密度を高輝度にする。

【0035】ここで、第二平面基板47を設けることにより、光透過が可能となる波長マージンが広がる様子を、シミュレーションによって求めた結果について、図5〜図9を参照して順次説明する。図5は図1に示す合計7層の干渉膜を備えた光変調素子に対する光の透過率特性を示すグラフである。図中、○印は電極へ駆動電圧を印加した場合の特性で、●印は非駆動電圧を印加した場合の特性を示している。この場合、波長 $\lambda=406nm$ 近傍を透過帯としており、干渉膜の構造は図3(b)にも示したように、電極への非駆動電圧の印加時では、第二平面基板47側から、

【0036】 SiO_2 (145nm)

TiO_2 (21 nm)
 SiO_2 (33 nm)
 空層 (101 nm)
 TiO_2 (42 nm)
 空層 (101 nm)
 SiO_2 (17 nm)
 TiO_2 (25 nm)
 SiO_2 (148 nm)

となる。そして、駆動電圧の印加時では、可動薄膜 27 下側の空層 25 がなくなることになる。また、ここでの光波調素子は、入射光の波長が 405 nm であることを想定して、全ての波長域で $\lambda = 405 \text{ nm}$ として計算した。

【0037】但し、屈折率 n は、
 ガラス $n = 1.5151$
 SiO_2 $n = 1.4703$
 TiO_2 $n = 2.3493$
 空層 $n = 1$

としている。

【0038】また、図5は、図5に示す透過率特性の計算において、各層厚の組み合わせを決める際の収束計算を、標準とした2回から10回に変更した結果を示すグラフである。この透過率特性においては、光透過が可能となる波長マージンが格段に広くなり、幅広い波長域に対して光透過が可能となる。

【0039】図7は、光波調素子の干渉膜の構成を、図3(c)に示す9層構成とした場合の光の透過率特性を示すグラフであり、図8は、図3(d)に示す15層構成とした場合の光の透過率特性を示すグラフである。いずれの透過率特性においても、光透過が可能となる波長マージンが広がっている。

【0040】一方、図9は、比較のため従来の多層干渉膜を備えた光波調素子における波長特性をシミュレーションにより求めたグラフであって、光波調素子合計7層の干渉膜で構成した場合の波長特性を示している。この場合の層構成及び各層の厚みは以下の通りである。

TiO_2 (43.1 nm)
 SiO_2 (68.9 nm)
 TiO_2 (43.1 nm)
 TiO_2 (43.1 nm)
 空層 (101.3 nm)
 SiO_2 (137.8 nm)
 TiO_2 (43.1 nm)
 SiO_2 (68.9 nm)
 TiO_2 (43.1 nm)

【0041】図9に示す $\lambda = 405 \text{ nm}$ 近傍を透過帯とする従来の光波調素子の場合には、その多層膜構造は、非駆動電圧の印加時（電圧OFF状態）では、光透過状態となり得る波長マージンが、非常にシャープな分布となり透過帯が狭小となる。

【0042】これらのシミュレーションの結果から、第

二平面基板を有した光波調素子による光透過性が得られる波長マージンは、従来の第二平面基板を有しない光波調素子の波長マージンと比較すると、第二平面基板を有した光波調素子の方が、波長マージンが格段に広くなることを確認できる。

【0043】以上説明したように、第二平面基板を有する光波調素子の光の透過率特性によれば、光透過が可能となる波長マージンが、波長約 405 nm を中心にして広く設定されているため、光波調素子製作時や使用時に、各干渉層の膜厚精度、光学系組み込み精度、入射光の波長精度等の各種製造要因により透過率特性が多少変化しても、透過率特性の変化が直ちに光波調素子の光波調機能に大きく影響することがなく、実使用に影響のない許容範囲内に収められる。従って、光波調素子製作時や組み付け時の要求精度を緩和でき、製造コストの低減が図られる。

【0044】なお、上記した光波調素子は、可動薄膜 27 を矩形状で形成し、長手方向の任意の位置における幅が等しい溝を設けたが、光波調素子 21 は、図 10 に示すように、可動薄膜 27 の長手方向両端近傍に、中央部の幅より狭い狭小部 59 を形成するものであってもよい。なお、図 10 中の各部位における寸法は、例えば、 $a = 150 \mu\text{m}$ 、 $b = 20 \mu\text{m}$ 、 $c = 50 \mu\text{m}$ 、 $d = 10 \mu\text{m}$ 、 $e = 100 \mu\text{m}$ 程度で形成することができる。

【0045】このような狭小部 59 を設けることで、光を透過又は反射させる可動薄膜 27 の長手方向中央部の変形を小さくした状態で、可動薄膜 27 全体を第一平面基板 23 に対して平行に変位させることができるようになる。また、この狭小部 59 が変形することにより、均一な可動薄膜 27 を変形させる場合に比べ、可動薄膜 27 の駆動力が低減し、駆動速度の高速化が可能になる。

【0046】次に、上記した光波調素子 21 を、光波調素子アレイとして利用した露光装置について説明する。図 11 は本発明に係る露光装置の要部構成の概略を表した斜視図、図 12 は図 11 に示した光波調素子アレイの拡大斜視図、図 13 は上記の光波調素子を用いて構成した露光装置の拡大斜視図である。この実施形態では、光波調素子 21 より構成した光波調素子アレイを、液晶カラーフィルタ製造工程に使用するフォトリソ用の露光装置 61 に適用した例を説明する。

【0047】この露光装置 61 は、図 11 に示すように、露光対象物 63 を斜面に張着して保持する筐型のフラットステージ 65 と、画像データ 67 に応じて変調された光ビーム（紫外レザ光）69 で露光対象物 63 を走査露光する露光ヘッド 71 とを備えている。フラットステージ 65 は、図示しないガイドによって矢軸方向に移動可能に支持されており、露光ヘッド 71 は、図示しないガイドによって Y 軸方向に移動可能に支持されてい

る。

【0048】フラットステージ65の裏面内部には一対のナット73が固定されており、ナット73の雄ねじ部75にはリードスクリュア77が結合されている。リードスクリュア77の一方の端部にはリードスクリュア77を回転させる駆動モータ79が取り付けられており、駆動モータ79はモータコントローラ81に接続されている。そして、この駆動モータ79によるリードスクリュア77の回転に伴い、フラットステージ65がX軸方向にステップ状に移動される。

【0049】露光ヘッド71の下部には一対のナット83が固定されており、ナット83の雄ねじ部85にはリードスクリュア87が結合されている。リードスクリュア87の一方の端部にはリードスクリュア87を回転させる駆動モータ89がベルトを介して連結されており、駆動モータ89はモータコントローラ81に接続されている。そして、この駆動モータ89によるリードスクリュア87の回転に伴い、露光ヘッド71がY軸方向に往復移動される。ナット83、リードスクリュア87、駆動モータ89は、移動手段90を構成する。

【0050】この場合の露光対象物63は、ブラックマトリツプが形成されたガラス基板上に、例えばR色の顔料を紫外線硬化樹脂に分散させたカラーレジスト膜を形成したものである。この露光対象物63に紫外レーザ光69を照射すると、カラーレジスト膜の紫外レーザ光69が照射された部分だけが硬化してR色のカラーフィルタ部が形成される。

【0051】露光ヘッド71は、図12に示すように、高出力の紫外レーザ光源91、紫外レーザ光源91から入射されたレーザ光をX軸方向に平行光化すると共にXY平面と直交する方向に収束させるレンズ93、入射されたレーザ光を画像データ67に応じて各画素毎に変調する光変調素子アレイ95、及び光変調素子アレイ95で変調されたレーザ光を露光対象物63の表面に集束させる結像レンズ97で構成された露光ユニットを備えている。

【0052】この露光ユニットを構成する各部材はケーシング99内に収納されており、ズームレンズ97から出射された紫外レーザ光69は、ケーシング99に設けられた図示しない開口を通過して露光対象物63の表面に照射される。ズームレンズ97は、図示しない駆動モータによって、光軸に沿って移動され結像倍率の調整を行う。なお、通常、ズームレンズは組合せレンズで構成されるが、図示を簡単にするため1枚のレンズのみを示した。

【0053】紫外レーザ光源91、レンズ93、光変調素子アレイ95、及びズームレンズ97は、図示しない固定部材によってケーシング99に固定されており、ズームレンズ97は、図示しないガイドによって光軸方向に移動可能に支持されている。また、紫外レーザ光源9

1及び光変調素子アレイ95は、各々図示しないドライブを介してこれらを制御する図示しないコントローラに接続されている。

【0054】紫外レーザ光源91は、例えば窒化ガリウム系半導体レーザを用いる。なお、ブルーエリヤの発光領域を有する窒化ガリウム系半導体レーザを用いると、波長約405nmの紫外領域の光が高出力で得られ、高速での走査に有利になる。

【0055】感光材料としては、液晶カラーフィルタ形成用感光材料、プリント配線基板製造用のフォトリソ、印刷用感光性シリンドラ、印刷用感光性材料を塗布したシリンドラ、及び印刷用銅版を挙げることができる。これら感光材料は、露型の平板ステージに保持することができる。感光材料を板型の平板ステージに保持することにより、感光材料のたわみを最小限に抑えられるため高精度な露光が図られる。

【0056】光変調素子アレイ95は、上記の光変調素子21を、同一平面上で、可動荷重27の長手方向に直交する方向に複数近接させて並列している。この実施の形態では、並列方向が図12の上下方向（X方向）となる。従って、この並列方向に直交する方向（Y方向）で露光対象物63と露光ヘッド71とを相対移動させること、光変調素子21の並列数と画素の画素数で、1ライン分の露光対象物63に露光することができ、この場合においても、光変調素子21の有る特性により、高速での露光が可能になり、かつ長寿命化が実現できる。なお、図12中の各部位における寸法は、例えば、 $f=2\text{ mm}$ （1000e h）、 $g=20\text{ }\mu\text{m}$ 程度で形成することができ。

【0057】次に、本実施の形態の露光装置の動作を説明する。露光対象物63に紫外レーザ光69を照射して露光をするために、画像データ67が、光変調素子アレイ95のコントローラ（図示せず）に入力され、コントローラ内のフレームメモリに一旦記憶される。この画像データ67は、画像を構成する各画素の濃度を2値（図4ドットの記録の有無）で表したデータである。

【0058】露光ヘッド71の紫外レーザ光源91から出射されたレーザ光は、レンズ93によりX軸方向に平行光化されると共にXY平面と直交する方向に収束されて、光変調素子アレイ95に入射される。入射されたレーザ光は、光変調素子アレイ95によって同時に変調される。変調されたレーザ光がズームレンズ97により露光対象物63の表面に結像される。

【0059】露光開始時には、露光ヘッド71が露光開始位置（X軸方向及びY軸方向の原点）に移動される。モータコントローラ81が駆動モータ89を一定速度で回転させると、リードスクリュア87も一定速度で回転し、リードスクリュア87の回転に伴い、露光ヘッド71がY軸方向に一定速度で移動される。

【0060】露光ヘッド71のY軸方向への移動と共

に、フレームメモリに記憶されている画像データ67が、1ライン分、光変調素子アレイ95の光変調素子21の数と略同数の画素単位で順に読み出され、読み出された画像データ67に応じて光変調素子21の各々がオン/オフ制御される。これにより露光ヘッド71から照射される紫外レーザ光69がオン/オフされて、露光対象物63が、X軸方向に光変調素子21の数と略同数の画素単位で露光されると共に、Y軸方向に1ライン分走査露光される。

【0061】露光ヘッド71が露光対象物63の端部に達すると、露光ヘッド71はY軸方向の原点に復帰する。そして、モータコントローラ81が駆動モータ79を一定速度で回転させると、リードスクリュー77も一定速度で回転し、リードスクリュー77の回転に伴い、フラットステージ85がX軸方向に1ステップ移動される。以上の主走査及び副走査を繰り返して、露光対象物63が画像像に露光される。なお、上記では露光ヘッド71を原点に復帰させて往路のみ露光する例について説明したが、復路においても露光するようにしてもよい。これにより更に露光時間を短縮できる。

【0062】この露光装置61によれば、光変調素子アレイ95における光変調素子の並列方向に並列する方向で、光変調素子アレイ95を移動手段によって感光材料に対し相対移動させることで、紫外線領域に感度を有する感光材料をデジタルデータに基づいて直接走査露光することができ、この場合においても、高速の露光を可能にし、かつ長寿命化を実現できる。

【0063】また、高出力の紫外レーザ光源を用いているので、紫外線領域に感度を有する露光対象物を、デジタルデータに基づいて直接走査露光することができる。これにより、プロキシミティ方式の露光装置と比べると、(1)マスクが不要でコストが削減できる。これにより生産性が向上する。量、少量多品種の生産にも好適である。(2)デジタルデータに基づいて直接走査露光するので直交ゲージを補正することができ、高精度な保持機構、アライメント機構、及び温度安定化機構が不要になり、装置のコストダウンを図ることができる。(3)紫外レーザ光源は高圧水銀ランプに比べて安価で耐久性に優れており、ランニングコストを低減することができる。(4)紫外レーザ光源は駆動電圧が低く消費電力を低減できる、という利点がある。

【0064】更に、導電性非電極部41及び基板側非電極部43を有する光変調素子21を用いているため、従来の誘電体を遮断する光学素子(PLZT素子)や波長光シヤッタ(FLC)を用いる構成に比べて、入射光の吸収性を格段に少なくすることができ、紫外レーザ光に対する耐久性を高めることができる。この結果、高出力紫外レーザを光源に用い露光を行う場合であっても、露光装置の信頼性を大幅に向上させることができる。また、光変調素子アレイ95は、静電気力を利用した電気

機械動作により駆動されるため、低い駆動電圧(数V〜数十V)で、動作速度が数十[nsec]程度まで得られ、上述の耐久性が向上するという効果に加え、高速露光も可能になる。

【0065】なお、この実施の形態では、高出力レーザ光源を、GaIn系半導体レーザと合波光学素子で構成した紫外レーザ光源とする例について説明したが、高出力レーザ光源を、以下の(1)〜(4)のいずれかで構成してもよい。(1)酸化ガリウム系半導体レーザ。好ましくは、ブロードエリアの発光領域を有する酸化ガリウム系半導体レーザ。(2)半導体レーザで固体レーザ結晶を励起して得られたレーザビームを光波長変換素子で波長変換して出射する半導体レーザ増幅器型レーザ。(3)半導体レーザでファイバを励起して得られたレーザビームを光波長変換素子で波長変換して出射するファイバレーザ。(4)上記(1)〜(3)のいずれかのレーザ光源又はランプ光源と合波光学素子で構成された高出力レーザ光源。また、本実施形態では、光源を紫外光としたが、赤外、可視、紫外のいずれの波長であってもよい。

【0066】また、上記の実施の形態では、光変調素子アレイ95を透過させた集光光を、ズームレンズ97によって焦点調整して露光対象物63に照射する構成を説明したが、露光装置61は、例えば図13に示すように、光変調素子アレイ95と感光ドラム111との間に、ロッドレンズ等の集光レンズ113を配設し、光変調素子アレイ95からの変調光をこの集光レンズ113で集光させて、露光対象物に露光するものであってもよい。

【0067】このような構成によれば、光変調素子アレイ95からの変調光を集光レンズ113で集光して感光材料に直接露光するので、感光材料に近い光学系を構成できる利点がある。なお、ここでは、移動手段としてアクチュアラムである感光ドラムを用いる例について説明したが、これに限らず、インナドラム、フラットベット等の他の移動手段を用いる構成としてもよい。

【0068】【発明の効果】以上詳細に説明したように、本発明に係る光変調素子によれば、可動薄板を被覆する第一平面基板の反対側に、干渉膜を備えた光の透過する第二平面基板を、空腔を隔てて平行に対向配置したことで、従来、可動薄板と第一平面基板とを透過させた場合では抜かれた波長マージンを広くすることができ、膜厚精度、光学系組み込み精度、入射光の強度精度等を高めることができ、その結果、光変調素子の製造コストを低く抑えることができる。そして、本発明に係る光変調素子アレイによれば、光変調素子を、同一平面上で、可動薄板の長手方向に直交する方向に複数近接させて並設したことで、光変調素子の並設数と同数の画素数で、1ライン分を同時に光変調することができる。また、本発明に係る露光

装置によれば、光変調素子アレイと、光ビームを出射する高出力レーザ光源と、光変調素子アレイからの出射光を感光材料に対して相対移動させる移動手段とを設けたので、感光材料を直接走査露光することができる。

【図面の簡単な説明】

- 【図 1】本発明に係る光変調素子の構成を示す断面図である。
 【図 2】図 1 に示した光変調素子の平面図である。
 【図 3】干渉膜の層構成の例を示す図である。
 【図 4】光変調素子の動作を説明する断面図である。
 【図 5】図 1 に示す合計 7 層の干渉膜を備えた光変調素子に対する光の透過率特性を示すグラフである。
 【図 6】図 5 に示す透過率特性の計算において、各膜厚の組み合わせを決める際の取組計算を、標準とした 2 回から 1 回に変更した結果を示すグラフである。
 【図 7】光変調素子の干渉膜の構成を、図 3 (c) に示す 9 層構成とした場合の光の透過率特性を示すグラフである。
 【図 8】光変調素子の干渉膜の構成を、図 3 (d) に示す 15 層構成とした場合の光の透過率特性を示すグラフである。
 【図 9】光変調素子を合計 7 層の干渉膜で構成した場合の波長特性を示すグラフである。
 【図 10】可動薄膜の長手方向両端近傍に中央部の幅より狭い狭小部を形成した光変調素子の平面図である。
 【図 11】本発明に係る露光装置の要部構成の概略を表した斜視図である。

【図 12】図 11 に示した光変調素子アレイの拡大斜視図である。

【図 13】図 11 に示した光変調素子を用いて構成した他の露光部の拡大斜視図である。

【図 14】従来の光変調素子の構成と動作を説明する図である。

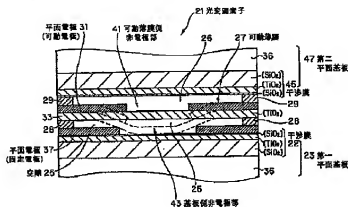
【図 15】ブラックライト用低圧水銀ランプの分光特性を示すグラフである。

【図 16】光変調素子の光の透過率を示すグラフである。

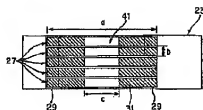
【符号の説明】

- 21…光変調素子
 22、45…干渉膜
 23…第一平面基板
 25、26…空層
 27…可動薄膜
 31、37…平面電極
 41…可動薄膜側非電極部
 43…基板側非電極部
 47…第二平面基板
 95…光変調素子アレイ
 61…露光装置
 63…露光対象物（感光材料）
 90…移動手段
 91…紫外レーザ光源（高出力レーザ光源）
 113…集光レンズ

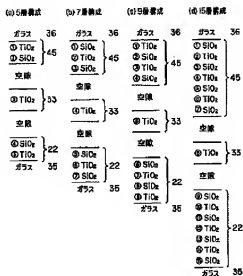
【図 1】



【図2】

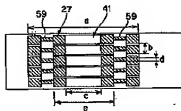
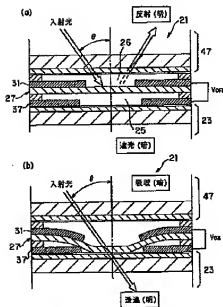


【図3】

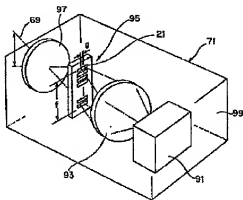


【図4】

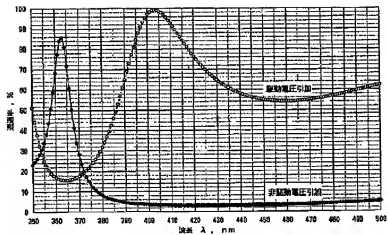
【図10】



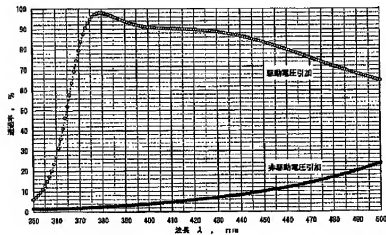
【図13】



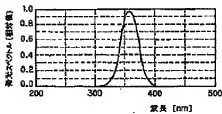
【図5】



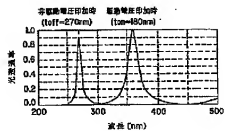
【図6】



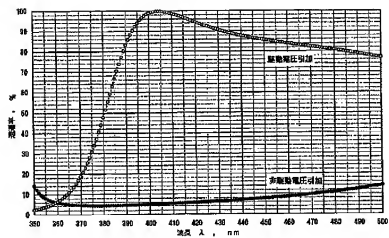
【図15】



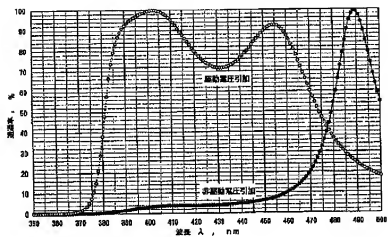
【図16】



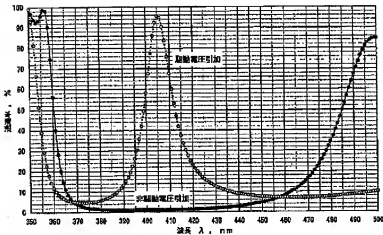
【图7】



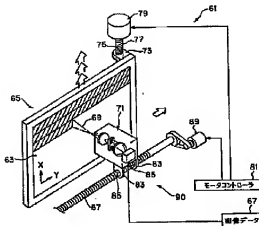
【图8】



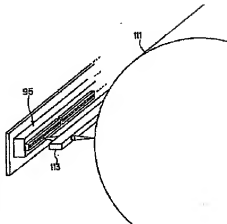
【圖 9】



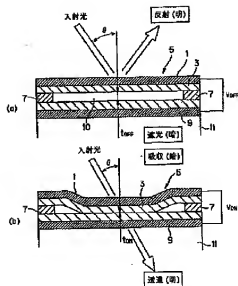
【圖 1 1】



【例 12】



【図14】



フロントページの続き

(51) Int. Cl. 7	識別記号	F I	サーチコード (参考)
H04N 1/04		B41J 3/21	V
1/19		H04N 1/04	102
(72) 発明者 磯崎 真		Fターム (参考)	2C162 A512 A523 A528 A548 A577
埼玉県さいたま市緑竹町1丁目324番地			PAC9 PA10 PA44
富士写真光学株式会社内			2H041 A523 A538 A506 AZ01 AZ08
			2H045 AG09 DA31
			2H097 AG03 AG05 CA17 GA50 LA09
			LA11
			5C072 A103 BA20 HA02 HA08 HB04
			HB05 MA01 NA01

* NOTICES *

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.**** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1]To light which each is provided with an interference film and modulates, separate an opening and the placed opposite of the first transparent planar substrate and a movable thin film is carried out in parallel, According to electrostatic force generated by voltage impressing to a flat electrode provided in each of said first planar substrate and said movable thin film. It is an optical modulator to which said movable thin film is displaced to said first planar substrate, and light volume which penetrates or reflects said movable thin film is changed, An optical modulator having separated an opening and carrying out the placed opposite of the second transparent planar substrate in parallel to light which equips an opposite hand of said first planar substrate with an interference film, and is modulated on both sides of said movable thin film.

[Claim 2]The optical modulator according to claim 1 said movable thin film's having the movable thin film side non-polar zone in which said flat electrode is not formed, and having the substrate side non-polar zone by which said flat electrode is not formed in a position to which said first planar substrate meets said movable thin film side non-polar zone.

[Claim 3]An optical modulator array having made two or more optical modulators according to claim 1 or 2 which formed said movable thin film in rectangular shape, and supported longitudinal direction both ends of said movable thin film approach in the direction which intersects perpendicularly with a longitudinal direction of said movable thin film, and installing them side by side on the same flat surface.

[Claim 4]An exposure device comprising:

The optical modulator array according to claim 3.

A laser light source which irradiates said optical modulator array with an optical beam.

A transportation device to which a vertical scanning direction which intersects perpendicularly with a scanning direction and this is made to carry out relative displacement of the emitted light from said optical modulator array to photosensitive materials exposed to said optical beam.

[Claim 5]An exposure device comprising:

The optical modulator array according to claim 3.

A high-output laser light source which irradiates said optical modulator array with an optical beam.

A condenser which condenses emitted light from said optical modulator array.

A transportation device to which a vertical scanning direction which intersects perpendicularly with a scanning direction and this is made to carry out relative displacement of the emitted light condensed by said condenser to photosensitive materials exposed to said optical beam.

[Translation done.]

*** NOTICES ***

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] In this invention, a movable thin film is displaced according to electrostatic force.

Therefore, the quantity of the light which penetrates or reflects a movable thin film is changed, and it is related with the optical modulator which modulates light, an optical modulator array, and the exposure device using it.

[0002]

[Description of the Prior Art] An optical modulator is in the controlling element to which the amplitude of light, a phase, and frequency are changed in time. An optical modulator is changed by the outer field which impresses the refractive index of the substance which makes light penetrate to a substance, passes the optical phenomena of **, such as refraction, diffraction, absorption, and dispersion, and controls the luminous intensity which penetrates or reflects this substance eventually. The electromechanical optical modulator which carries out light modulation of the movable thin film produced by micro-machining to this one by carrying out mechanical movement according to electrostatic force is known. As this optical modulator, as shown, for example in drawing 14 (a), there are some which constructed the movable thin film 5 which consists of the diaphragm 3 which has the transparent movable electrode 1 and interference film via the supporter 7 on the planar substrate 11 which has the fixed electrode 9.

[0003] As shown in drawing 14 (b), electrostatic force is generated between the electrodes 1 and 9 by impressing predetermined driver voltage V_{ON} between the two electrodes 1 and 9, and the movable thin film 5 is sagged in this optical modulator toward the fixed electrode 9. The optical characteristic of the element itself will change in connection with this, and an optical modulator will be in the transmission state which light penetrates. This is changed by controlling the luminous intensity emitted from a light modulation part, for example using the Fabry-Perot interference. The movable thin film 5 will carry out elastic restoration by on the other hand impressing non-driver voltage, such as making impressed electromotive force into zero, and an optical modulator will be in the reflection conditions which reflect light. Thus, light modulation which serves as ** by impression of driver voltage, and serves as dark by impression of non-driver voltage at the incident light introduction side of an optical modulator, for example is realized. Since the movable thin film 5 is driven by electrostatic induction according to this kind of optical modulator, a high-speed response is attained compared with the conventional liquid crystal type optical modulator.

[0004]Here, the fundamental light modulation operation using the above Fabry-Perot interference is explained. In the Fabry-Perot interference, incident light repeats reflection and a penetration, and is divided into many beams of light, and these become parallel mutually. In infinite distance, transmitted light overlaps and it interferes in it. If the angle which the altitude of a field and incident light make is set to θ , the optical path difference between adjacent 2 beams of light will be given by $x = nt \cdot \cos\theta$. However, n is a refractive index for the second page, and t is an interval. If the optical path difference x is an integral multiple of the wavelength λ , penetrated radiation suits in slight strength mutually, and if it is odd times the half-wave length, it will negate each other. That is, it will be $2nt \cdot \cos\theta = m\lambda$ if there is no phase change in the case of reflection. -- (1) It becomes the transmitted light maximum and is $2nt \cdot \cos\theta = (2m+1) \lambda/2$. -- (2) It becomes the transmitted light minimum. However, m is an integer. That is, in the Fabry-Perot interference by which reflection and a penetration are repeated, only the wavelength of the abbreviated integral multiple of an opening penetrates an optical modulator between parallel mirrors.

[0005]Here, the case where light modulation of the emitted light from the ultraviolet ray lamp for black lights (low-pressure mercury lamp) is carried out is considered, using the optical modulator of composition of being shown in drawing 14. When the fluorescent substance for black lights is applied to the wall of a low-pressure mercury lamp, the spectral characteristic of the luminescence ultraviolet rays comes to have center wavelength λ_{00} near 360 nm, as shown, for example in drawing 15.

[0006]Here, the interval of the opening 10 when non-driver voltage V_{OFF} is impressed to an optical modulator is set to toff (state of drawing 14 (a)). The interval of the opening 10 when driver voltage V_{ON} is impressed is set to ton (state of drawing 14 (b)). ton and toff are set up as follows.

$m[\text{ton} = 1/2 \times \lambda_{00} = 180 \text{ nm}, \text{toff} = 3/4 \times \lambda_{00} = 270 \text{ nm, however}] = 1 \lambda_{00}$: Consider it as the center wavelength of ultraviolet rays.

[0007]The movable thin film 5 and the interference film 3 set the light intensity reflectance to $R = 0.85$. The opening 10 is made into air or rare gas, and sets the refractive index to $n = 1$. Since ultraviolet rays are collimated, let the incidence angle θ which enters into an optical modulator be abbreviated zero. The light transmittance to the wavelength of the optical modulator at this time comes to be shown in drawing 16. That is, when non-driver voltage V_{OFF} is impressed between the movable electrode 1 and the fixed electrode 9, the optical modulator 21 is set to toff = 270 nm, and does not make most ultraviolet rays which have center wavelength λ_{00} near 360 nm shown in drawing 15 penetrate. On the other hand, when driver voltage is impressed and it is set to ton = 180 nm, it comes to make the ultraviolet rays which have center wavelength λ_{00} near 360 nm penetrate.

[0008]

[Problem(s) to be Solved by the Invention]However, in the above-mentioned conventional optical modulator, when performing light modulation in interference mode, there is a tendency for the wavelength band (wavelength margin) which makes light transmission possible to become very narrow. In the case of the above-mentioned optical modulator, the wavelength spectrum near [which is shown in drawing 16] the wavelength of 360 nm, i.e., the wavelength band which can be in a light transmission state, serves as very sharp distribution, and it becomes narrow [a penetration belt]. Therefore, in order to operate an optical modulator correctly with this narrow penetration belt, The thickness precision at the time of optical modulator manufacture, optical system inclusion accuracy, the precision of wave length of incident light,

etc. must be maintained with high precision, and when an error which exceeds this narrow penetration belt arises temporarily, it becomes impossible for an optical modulator to perform ON-and-OFF control of light. For this reason, there was a problem that the manufacturing cost of an optical modulator increased.

[0009]This invention can make large the wavelength margin which was made in view of such a situation and whose ON-and-OFF abnormal conditions of light are attained, and by that cause, It provides and has an optical modulator which can loosen thickness precision, optical system inclusion accuracy, the precision of wave length of incident light, etc., an optical modulator array, and an exposure device using it, and aims at planning the reduce manufacturing cost of an optical modulator.

[0010]

[Means for Solving the Problem]The optical modulator according to claim 1 concerning this invention for attaining the above-mentioned purpose, To light which each is provided with an interference film and modulates, separate an opening and the placed opposite of the first transparent planar substrate and a movable thin film is carried out in parallel, According to electrostatic force generated by voltage impressing to a flat electrode provided in each of said first planar substrate and said movable thin film. It is an optical modulator to which said movable thin film is displaced to said first planar substrate, and light volume which penetrates or reflects said movable thin film is changed, To light which equips an opposite hand of said first planar substrate with an interference film, and is modulated on both sides of said movable thin film, an opening was separated and the placed opposite of the second transparent planar substrate was carried out in parallel.

[0011]At this optical modulator, a penetration belt of a comparatively large wavelength band comes to be obtained by separating an opening to an interference filter (Fabry Perot filter) which consists of a movable thin film and the first planar substrate, and combining with it in series the second planar substrate that has an interference film. That is, in a case where a movable thin film and the first planar substrate are made to penetrate conventionally, can make large a narrow wavelength margin which makes light transmission possible, and by this, Thickness precision, optical system inclusion accuracy, precision of wave length of incident light, etc. can be loosened, and, as a result, a manufacturing cost of an optical modulator can be low held down now.

[0012]Said movable thin film has the movable thin film side non-polar zone in which said flat electrode is not formed, and the optical modulator according to claim 2 has the substrate side non-polar zone by which said flat electrode is not formed in a position to which said first planar substrate meets said movable thin film side non-polar zone.

[0013]In this optical modulator, since it is not necessary to provide a transparent electrode in a light transmission part of a movable thin film and the first planar substrate, the absorption of light by a transparent electrode can be made for there to be nothing. Modification, destruction, etc. by generation of heat of a transparent electrode produced when light intensity is strong can be prevented, and a high speed drive of an optical modulator and reinforcement are realized. Since the absorption of light is lost, intensity of the transmitted light can also be increased. If said interference film is used as a multilayer interference film which laminated dielectric materials with a high refractive index, and dielectric materials with a low refractive index by turns, interference by catoptric light and the transmitted light in an interface between each class will be suited in slight strength, and high reflectance and high transmissivity will come to be obtained. If a multilayer interference film of said first planar substrate and a multilayer

interference film of said second planar substrate should have the symmetrically same laminated structure for said movable thin film, they can enlarge change of a transmitted light amount by movement of a flexible thin film.

[0014]On the same flat surface, two or more optical modulators according to claim 1 or 2 which formed said movable thin film in rectangular shape, and supported longitudinal direction both ends of said movable thin film were made to approach in the direction which intersects perpendicularly with a longitudinal direction of said movable thin film, and the optical modulator array according to claim 3 installed them side by side.

[0015]At this optical modulator array, light modulation of one line can be simultaneously carried out with a pixel number of the number of side-by-side installation and the same number of an optical modulator by making two or more optical modulators approach in the direction which intersects perpendicularly with a longitudinal direction of a movable thin film, and installing them side by side on the same flat surface.

[0016]claim 4 written this invention is characterized by it having been alike and comprising the following.

The optical modulator array according to claim 3.

A laser light source which irradiates said optical modulator array with an optical beam.

A transportation device to which a vertical scanning direction which intersects perpendicularly with a scanning direction and this is made to carry out relative displacement of the emitted light from said optical modulator array to photosensitive materials exposed to said optical beam.

[0017]In this exposure device, direct-scanning exposure of the photosensitive materials can be carried out by irradiating this optical modulator array with light from a laser light source, and irradiating photosensitive materials using the optical modulator array according to claim 3, carrying out relative displacement of the light emitted from an optical modulator to photosensitive materials by a transportation device.

[0018]claim 5 written this invention is characterized by it having been alike and comprising the following.

The optical modulator array according to claim 3.

A high-output laser light source which irradiates said optical modulator array with an optical beam.

A condenser which condenses emitted light from said optical modulator array.

A transportation device to which a vertical scanning direction which intersects perpendicularly with a scanning direction and this is made to carry out relative displacement of the emitted light condensed by said condenser to photosensitive materials exposed to said optical beam.

[0019]In this exposure device, this optical modulator array is irradiated with light from a laser light source using the optical modulator array according to claim 3, Direct-scanning exposure of the photosensitive materials can be carried out, and an optical system almost near adhesion exposure can consist of glaring to photosensitive materials, making light emitted from an optical modulator condense by a condenser, and carrying out relative displacement of this emitted light to photosensitive materials by a transportation device.

[0020]

[Embodiment of the Invention]Hereafter, the optical modulator concerning this invention, an optical modulator array, and the suitable embodiment of the exposure device using it are described in detail with reference to drawings. The sectional view showing the composition of

the optical modulator which drawing 1 requires for this invention, the top view of the optical modulator which showed drawing 1 drawing 2, and drawing 3 are the explanatory views showing the example of a layer system of an optical modulator.

[0021]As shown in drawing 1, the optical modulator 21 has the interference film 22 and the flat electrode 37 on the upper surface, and to the light to modulate on it The first transparent planar substrate 23, The movable thin film 27 which separates the opening 25 formed in the upper surface of this first planar substrate 23 by methods, such as formation, removal, etc. of a sacrifice layer, and has an interference film and the flat electrode (movable electrode) 31, The still more nearly same opening 26 was separated and the undersurface is equipped with the second transparent planar substrate 47 as basic constitution to the light which has the interference film 45 and is modulated. The placed opposite of these first planar substrates 23, the movable thin film 27, and the second planar substrate 47 of each other is carried out in parallel. The movable thin film 27 forms movable thin film 27 the very thing with an interference film, and also may form an interference film separately. The case where movable thin film 27 self consists of interference films in this embodiment is explained to an example.

[0022]The 1st planar substrate 23 is the structure which laminated the glass substrate 35, the interference film 22, and the flat electrode (fixed electrode) 37 one by one, and the supporter 28 is set up on the fixed electrode 37. The supporter 28 set up on the fixed electrode 37 of the first planar substrate 23 consists of a silicon oxide, a silicon nitride, ceramics, resin, etc., for example, and is joining the upper surface to the movable thin film 27. The movable thin film 27 has elasticity, is formed in rectangular shape, and has structure which longitudinal direction both ends were joined to the supporter 28, and laminated the flat electrode (movable electrode) 31 on the diaphragm 33 which is an interference film.

[0023]Although the movable electrode 31 and the fixed electrode 37 consist of aluminum, the metallic compounds which have metal or conductivity can be used for them. As this metal, metal thin films, such as gold, silver, palladium, zinc, and copper, can be used, and the compound of these metal, etc. can be used as metallic compounds. Although the diaphragm 33 consists of TiO_2 , a silicon nitride, various oxides, a nitride, etc. can be used for it. When providing an interference film in the movable thin film 27 separately, in addition to this, semiconductors, such as polysilicon besides being ceramics, resin, etc., an insulating silicon oxide, etc. can be used.

[0024]The second planar substrate 47 is that the undersurface by the side of the interference film 45 is supported via the supporter 29 which has the interference film 45 in the field (undersurface of drawing 1) which meets the movable thin film 27, and was set up on the movable electrode 31 of the longitudinal direction both ends of the movable thin film 27, The placed opposite is carried out in parallel to the first planar substrate 23 and the movable thin film 27. This second planar substrate 47 has structure which laminated the interference film 45 to the glass substrate 36. Here, resin, such as polyethylene terephthalate and polycarbonate, etc. can be used for the above-mentioned glass substrates 35 and 36, for example besides glass.

[0025]Two or more movable thin films 27 approach in the direction which intersects perpendicularly with the longitudinal direction of the movable thin film 27 for example, on the same flat surface, and the optical modulator 21 is formed in one-dimensional array form, as shown in drawing 2. The size in each part in drawing 2 can be formed, for example at $a = 150$ micrometers, $b = 20$ micrometers, and about $c = 50$ micrometers.

[0026]The substrate side non-polar zone 43 which has formed the thin film side non-polar zone 41 which divides the movable electrode 31 formed in this movable thin film 27 to longitudinal direction both ends in the longitudinal direction center section of the movable thin film 27, and

also meets the first planar substrate 23 at this thin film side non-polar zone 41 is formed. That is, the polar zone did not exist, but to the these thin film side non-polar zone 41 and the substrate side non-polar zone 43, the longitudinal direction center section of the movable thin film 27 and the field of the first planar substrate 23 corresponding to this have removed positively the movable electrode 31 and the fixed electrode 37, as shown in drawing 1 and drawing 2. Since this thin film side non-polar zone 41 and the substrate side non-polar zone 43 turn into a light transmission section and perform light modulation, it becomes unnecessary for the optical modulator 21 to provide a transparent electrode in a light transmission part, and it can raise conductivity and light transmittance.

[0027]As mentioned above, the optical modulator 21 of this embodiment, It has composition which has arranged the movable thin film 27 which has the interference film 22 and the interference film 45 between the glass substrate 35 of the first planar substrate 23, and the glass substrate 36 of the second planar substrate 47, and has an interference film across the openings 25 and 26 between the interference film 22 and interference film 45 in it. Thus, the movable thin film 27 had the openings 25 and 26 in the first planar substrate 23 and second planar substrate 47 side, and has met the interference film 22 and the interference film 45.

[0028]These interference films 22 and 45 consist of a multilayer interference film, and can be used as the multilayer film of $\text{TiO}_2/\text{SiO}_2$ formed, for example by vacuum evaporation or weld slag. The example of the lamination of these interference films 22 and 45 was shown in drawing 3. According to this embodiment, TiO_2 is used for the movable thin film 27, and it is considered as the multilayer interference film which provided a total of seven layers of layers of TiO_2 and SiO_2 with the interference film 22, the interference film 45, and the whole movable thin film 27. That is, the laminated structure serves as glass / $\text{SiO}_2/\text{TiO}_2/\text{SiO}_2$ / opening / TiO_2 / opening / $\text{SiO}_2/\text{TiO}_2/\text{SiO}_2$ / glass from the first planar substrate side at order, as shown in drawing 3 (b). These interference films 22 and 45 are laminating dielectric materials with a high refractive index, and dielectric materials with a low refractive index by turns, suit interference by the catoptric light and the transmitted light in an interface between each class in slight strength, and do so the function as what is called a half mirror according to the multilayer film cross protection from which high reflectance and high transmissivity are obtained.

[0029]The interference film 22 of the first planar substrate 23 and the interference film 45 of the second planar substrate 47 have the symmetrically same laminated constitution for the movable thin film 27. Thereby, change by movement of the movable thin film of a transmitted light amount can be enlarged.

[0030]Next, light modulation operation of the optical modulator 21 of the above-mentioned composition is explained. The sectional view explaining operation of an optical modulator was shown in drawing 4. In the optical modulator 21, from the state shown in drawing 4 (a), if driver voltage V_{ON} is impressed between the movable electrode 31 of the movable thin film 27, and the fixed electrode 37 of the first planar substrate 23, electrostatic induction of the electric charge will be carried out to the movable thin film 27. Elastic deformation of the movable thin film 27 is carried out by the electrostatic force which acts between this electric charge and the fixed electrode 37 of the first planar substrate 23, and as shown in drawing 4 (b), when adsorption power works to the first planar substrate 23 side, according to it, it is displaced so that the first planar substrate 23 upper surface may be approached. On the other hand, if non-driver voltage V_{OFF} is impressed and the adsorption power by electrostatic force is lost, as shown in drawing 4 (a), again, the center section of the movable thin film 27 will surface in the position which separated the opening 25, and will be arranged by elastic return force. In the optical modulator

21, the light of a specific wavelength band is selectively penetrated or reflected by the displacement movement of this movable thin film 27, or elastic restoration operation. [0031] That is, the optical modulator 21 is penetrating or reflecting the introduced light by changing the synthetic wave intensity in which the distance between the parallel mirrors which consist of the movable thin film 27 and the interference films 22 and 45 was changed, respectively, and was repeatedly reflected with displacement of the movable thin film 27 between parallel mirrors. That is, light modulation using the Fabry-Perot interference is performed.

[0032] At this optical modulator 21, light modulation is performed in interference mode by displacing the movable thin film 27. Thereby, it is low driver voltage (several V - \sim 10 V), and they are tens. The high-speed operation of [nsec] becomes possible. As long as it fulfills the conditions of interference, which combination may be sufficient as the light intensity reflectance of the interval of the openings 25 and 26, a refractive index, the movable thin film 27, and the interference films 22 and 45. If the interval of the openings 25 and 26 is continuously changed with the value of impressed electromotive force, it is possible to change the center wavelength of a transmission spectrum arbitrarily. It is also possible for this to control a transmitted light amount continuously. That is, the gradation control by impressed electromotive force becomes possible. The optical modulator 21 of this embodiment can consist of second planar substrate 47 sides also as a transmission type optical modulator made to penetrate to the first planar substrate 23 side through the movable thin film 27 also as a reflection type optical modulator which reflects in the incident light introduction side and returns the light which entered.

[0033] The optical modulator 21 by this embodiment is separating the opening 26 and combining with up-and-down series the second planar substrate 47 that has the interference film 45 in addition to the light modulation operation by the optical modulator of composition, conventionally which consists of the movable thin film 27 and the first planar substrate 23, A penetration belt conventionally larger than the case of composition can be obtained now. Therefore, the wavelength margin which makes possible light transmission which was narrow only by making the movable thin film 27 and the first planar substrate 23 arrange and penetrate conventionally can be set up widely. Thereby, thickness precision, optical system inclusion accuracy, the precision of wave length of incident light, etc. can be loosened, and, as a result, the manufacturing cost of an optical modulator can be held down low.

[0034] According to the optical modulator 21 of the above-mentioned composition, in a light modulation part, the absorption of light by the polar zone can be made for there to be nothing, the modification, destruction, etc. by generation of heat of the polar zone produced when light intensity is strong can be prevented, and the high speed drive of the optical modulator 21 becomes possible, and reinforcement can be realized. Since the absorption of light in a light transmission part is lost, the intensity of the transmitted light can also be increased. Since the movable thin film was formed in rectangular shape and the electrode was removed by making all the center sections into the thin film side non-polar zone 41, when two or more optical modulators are arranged to one dimension, an electrode does not intervene among the light transmission sections of an adjoining optical modulator, but picture element density at the time of using for an exposure device and a display can be made highly minute.

[0035] Here, by forming the second planar substrate 47 explains signs that the wavelength margin whose light transmission becomes possible becomes large, one by one with reference to drawing 5 - drawing 9 about the result searched for with the simulation. Drawing 5 is a graph which shows the transmissivity characteristic of the light to the optical modulator provided with the

interference film of a total of seven layers shown in drawing 1. O seal is the characteristic at the time of impressing driver voltage to an electrode among a figure, and - seal shows the characteristic at the time of impressing non-driver voltage. In this case, as wavelength of about $\lambda = 405$ nm is used as the penetration belt and the structure of the interference film was shown in drawing 3 (b), by the time of impression of the non-driver voltage to an electrode, it is from the 2nd planar substrate 47 side, $[\text{0036}]\text{SiO}_2$ (145 nm)

TiO_2 (21 nm)

SiO_2 (33 nm)

Opening (101 nm)

TiO_2 (42 nm)

Opening (101 nm)

SiO_2 (17 nm)

TiO_2 (25 nm)

SiO_2 (148 nm)

It becomes. And in the time of impression of driver voltage, the opening 25 of the movable thin film 27 bottom will be lost. The optical modulator here was calculated as $\lambda = 405$ nm in all the wavelength bands supposing the wavelength of incident light being 405 nm.

[0037]However, the refractive index n is glass. $n = n_1.5151\text{SiO}_2 n = 1.4703\text{TiO}_2.3493$ opening It is being referred to as $n = 1$.

[0038]In calculation of the transmissivity characteristic shown in drawing 5, drawing 6 is a graph which shows the result changed at once from 2 times which made the standard convergence calculation at the time of deciding the combination of each thickness. in this transmissivity characteristic, the wavelength margin whose light transmission becomes possible is markedly alike, and becomes large, and the light modulation of it becomes possible to a broad wavelength band.

[0039]Drawing 7 is a graph which shows the transmissivity characteristic of the light at the time of making composition of the interference film of an optical modulator into 9 lamination shown in drawing 3 (c), and drawing 8 is a graph which shows the transmissivity characteristic of the light at the time of considering it as 15 lamination shown in drawing 3 (d). Also in which transmissivity characteristic, the wavelength margin whose light transmission becomes possible has spread.

[0040]On the other hand, drawing 9 is the graph which asked for the wavelength characteristic in the optical modulator provided with the multilayer interference film of the former for comparison with the simulation, and shows the wavelength characteristic at the time of constituting an optical modulator from an interference film of a total of seven layers. The lamination in this case and the thickness of each class are as follows.

TiO_2 (43.1 nm)

SiO_2 (68.9 nm)

TiO_2 (43.1 nm)

Opening (101.3 nm)

SiO_2 (137.8 nm)

TiO_2 (43.1 nm)

SiO_2 (68.9 nm)

TiO_2 (43.1 nm)

[0041]In the case of the conventional optical modulator which uses as a penetration belt about $\lambda = 405$ nm shown in drawing 9, in the time of impression of non-driver voltage (voltage

OFF state), the wavelength margin which can be in a light transmission state serves as very sharp distribution, and the multilayer film structure becomes narrow [a penetration belt].

[0042]From the result of these simulations, the wavelength margin from which the light transmittance state by an optical modulator with the second planar substrate is acquired, as compared with the wavelength margin of the optical modulator which does not have the second conventional planar substrate, an optical modulator with the second planar substrate can check that a wavelength margin is markedly alike and becomes large.

[0043]Since the wavelength margin whose light transmission becomes possible is widely set up focusing on the wavelength of about 405 nm according to the transmissivity characteristic of the light of the optical modulator which has the second planar substrate to have explained above, Even if a transmissivity characteristic changes with various error factors, such as thickness precision of each interference layer, optical system inclusion accuracy, and precision of wave length of incident light, somewhat at the time of optical modulator manufacture and use, Change of a transmissivity characteristic does not influence the light modulation function of an optical modulator greatly promptly, and it is stored in the tolerance level which does not have influence in actual use. Therefore, the precision prescribe at the time of optical modulator manufacture and attachment can be eased, and reduction of a manufacturing cost is achieved.

[0044]Although the above-mentioned optical modulator formed the movable thin film 27 with rectangular shape and the case where the width in the arbitrary positions of a longitudinal direction was equal was explained, the optical modulator 21 may form the narrow part 59 narrower than the width of a center section near the longitudinal direction both ends of the movable thin film 27, as shown in drawing 10. The size in each part in drawing 10 can be formed at a= 150 micrometers, b= 20 micrometers, c= 50 micrometers, d= 10 micrometers, and about e= 100 micrometers, for example.

[0045]Where modification of the longitudinal direction center section of the movable thin film 27 in which light is penetrated or reflected is made small by forming such a narrow part 59, the movable thin film 27 whole can be displaced in parallel to the first planar substrate 23. When this narrow part 59 changes, compared with the case where the movable thin film 27 of homogeneous line width is changed, the driving force of the movable thin film 27 decreases, and improvement in the speed of driving speed is attained.

[0046]Next, the exposure device which used the above-mentioned optical modulator 21 as an optical modulator array is explained. The perspective view showing the outline of the important section composition of the exposure device which requires drawing 11 for this invention, and drawing 12 are an expansion perspective view of the optical modulator array shown in drawing 11, and an expansion perspective view of other exposure parts constituted using the optical modulator of the above [drawing 13]. This embodiment explains the example which applied the optical modulator array constituted by the optical modulator 21 to the exposure device 61 for photoresist used for a liquid crystal color filter manufacturing process.

[0047]This exposure device 61 is provided with the following.

The flat stage 65 of the vertical mold which sticks to the side and holds the exposure object thing 63 as shown in drawing 11.

The exposure head 71 which carries out scanning exposure of the exposure object thing 63 by the optical beam (ultraviolet laser radiation) 69 modulated according to the image data 67.

The flat stage 65 is supported by the X axial direction movable by the guide which is not illustrated, and the exposure head 71 is illustrated and twisted and, gyte therefore, is supported by Y shaft orientations movable.

[0048]The nut 73 of the couple is being fixed to the rear-face corner of the flat stage 65, and the leading screw 77 is screwed in the female screw part 75 of the nut 73. The drive motor 79 made to rotate the leading screw 77 is attached to one end of the leading screw 77, and the drive motor 79 is connected to the motor controller 81. And the flat stage 65 is moved to step form with rotation of the leading screw 77 by this drive motor 79 in an X axial direction.

[0049]The nut 83 of the couple is being fixed to the lower part of the exposure head 71, and the leading screw 87 is screwed in the female screw part 85 of the nut 83. The drive motor 89 made to rotate the leading screw 87 is connected with one end of the leading screw 87 via the belt, and the drive motor 89 is connected to the motor controller 81. And reciprocation moving of the exposure head 71 is carried out to Y shaft orientations with rotation of the leading screw 87 by this drive motor 89. The nut 83, the leading screw 87, and the drive motor 89 constitute the transportation device 90.

[0050]The exposure object thing 63 in this case forms the color resist film which made ultraviolet curing resin distribute the paints of R color for example on the glass substrate in which the black matrix was formed. If this exposure object thing 63 is irradiated with the ultraviolet laser radiation 69, only the portion with which the ultraviolet laser radiation 69 of the color resist film was irradiated will harden, and the color filter part of R color will be formed.

[0051]As shown in drawing 12, the exposure head 71, Carry out parallel Guanghua of the laser beam which entered from the high power ultraviolet laser light source 91 and the ultraviolet laser light source 91 to an X axial direction, and. The laser beam modulated by the lens 93 completed in the direction which intersects perpendicularly with an XY plane, the optical modulator array 95 which modulates the laser beam which entered for every pixel according to the image data 67, and the optical modulator array 95 on the surface of the exposure object thing 63 magnification. It has the exposure unit which comprised the zoom lens 97 which changes and carries out image formation.

[0052]Each member which constitutes this exposure unit is stored in the casing 99, and the ultraviolet laser radiation 69 emitted from the zoom lens 97 passes the opening which was provided in the casing 99 and which is not illustrated, and is irradiated by the surface of the exposure object thing 63. It is moved in accordance with an optic axis by the drive motor which is not illustrated, and the zoom lens 97 adjusts image formation magnification with it. Although the zoom lens comprised a combination lens, in order to illustrate simply, only one lens was usually shown.

[0053]The ultraviolet laser light source 91, the lens 93, the optical modulator array 95, and the zoom lens 97 are being fixed to the casing 99 by the holddown member which is not illustrated, and the zoom lens 97 is supported by the optical axis direction movable by the guide which is not illustrated. The ultraviolet laser light source 91 and the optical modulator array 95 are connected to the controller which controls these via the driver which is not illustrated respectively and which is not illustrated.

[0054]A gallium nitride semiconductor laser is used for the ultraviolet laser light source 91, for example. If the gallium nitride semiconductor laser which has a luminous region of broadcloth area is used, the light of an ultraviolet region with a wavelength of about 405 nm will be obtained by high power, and will become advantageous to a scan at a high speed.

[0055]As photosensitive materials, the photosensitive materials for liquid crystal color filter formation, the photoresist for printed-circuit board manufacture, the photosensitive cylinder for printing, the cylinder that applied the photosensitive material for printing, and the lithographic plate for printing can be mentioned. These photosensitive materials can be held on the

monotonous stage of a vertical mold. By holding photosensitive materials on the monotonous stage of a vertical mold, since the deflection of photosensitive materials can be suppressed to the minimum, highly precise exposure is achieved.

[0056] On the same flat surface, two or more above-mentioned optical modulators 21 are made to approach in the direction which intersects perpendicularly with the longitudinal direction of the movable thin film 27, and the optical modulator array 95 is installing them side by side. According to this embodiment, the side-by-side installation direction turns into a sliding direction (the direction of X) of drawing 12. Therefore, when relative displacement of the exposure object thing 63 and the exposure head 71 is carried out towards intersecting perpendicularly in this side-by-side installation direction (the direction of Y), with the pixel number of the number of side-by-side installation and the same number of the optical modulator 21. With the characteristic which can expose one line in the exposure object thing 63, and the optical modulator 21 has also in this case, high-speed exposure is attained and reinforcement can be realized. The size in each part in drawing 12 can be formed at $f = 2 \text{ mm}$ (1000ch) and about $g = 20$ micrometers, for example.

[0057] Next, operation of the exposure device of this embodiment is explained. In order to irradiate with and expose the ultraviolet laser radiation 69 in the exposure object thing 63, the image data 67 is inputted into the controller (not shown) of the optical modulator array 95, and is once memorized by the frame memory in a controller. the concentration of each pixel from which this image data 67 constitutes a picture -- a binary (namely, existence of record of a dot) -- a table -- the bottom is data.

[0058] Parallel Guanghua is carried out to an X axial direction with the lens 93, and it converges in the direction which intersects perpendicularly with an XY plane, and the laser beam emitted from the ultraviolet laser light source 91 of the exposure head 71 enters into the optical modulator array 95. The laser beam which entered is simultaneously modulated by the optical modulator array 95. Image formation of the modulated laser beam is carried out to the surface of the exposure object thing 63 by the zoom lens 97.

[0059] At the time of an exposure start, the exposure head 71 is moved to an exposure start position (starting point of an X axial direction and Y shaft orientations). If the motor controller 81 rotates the drive motor 89 with constant speed, the leading screw 87 will also rotate with constant speed, and the exposure head 71 will be moved to Y shaft orientations with constant speed with rotation of the leading screw 87.

[0060] With movement to Y shaft orientations of the exposure head 71, the image data 67 memorized by the frame memory, By one line, by the pixel unit of the number of the optical modulators 21 of the optical modulator array 95, and the abbreviated same number, it is read in order and ON-and-OFF control of each of the optical modulator 21 is carried out according to the read image data 67. The ultraviolet laser radiation 69 emitted from the exposure head 71 by this is turned on and off, the exposure object thing 63 is exposed by the X axial direction by the pixel unit of the number of the optical modulators 21, and the abbreviated same number, and scanning exposure of it is carried out to Y shaft orientations by one line.

[0061] If the exposure head 71 reaches the end of the exposure object thing 63, the exposure head 71 will return to the starting point of Y shaft orientations. And if the motor controller 81 rotates the drive motor 79 with constant speed, the leading screw 77 will also rotate with constant speed, and 1 step moving of the flat stage 65 will be carried out to an X axial direction with rotation of the leading screw 77. The above horizontal scanning and vertical scanning are repeated, and the exposure object thing 63 is exposed by the picture. Although the example which the exposure

head 71 is returned to the starting point above, and is exposed only on an outward trip was explained, it may be made to expose also in a return trip. Thereby, exposure time can be shortened further.

[0062] According to this exposure device 61, towards intersecting perpendicularly in the side-by-side installation direction of the optical modulator in the optical modulator array 95, By carrying out relative displacement of the optical modulator array 95 to photosensitive materials by a transportation device, direct-scanning exposure of the photosensitive materials which have sensitivity in an ultraviolet region can be carried out based on digital data, and high-speed exposure is enabled also in this case, and reinforcement can be realized.

[0063] Since the high-output ultraviolet laser light source is used, based on digital data, direct-scanning exposure of the exposure object thing which has sensitivity in an ultraviolet region can be carried out. Thereby, compared with the exposure device of a proximity method, (1) mask is unnecessary, and cost can be reduced. Productivity improves by this and also also for production of a small-quantity various kind, [suitable] (2) Since direct-scanning exposure is carried out based on digital data, data can be amended suitably, Highly precise maintaining structure, an alignment mechanism, and a temperature stabilization mechanism become unnecessary, (3) ultraviolet laser light sources which can aim at the cost cut of a device are cheap compared with an extra-high pressure mercury lamp, it excels in endurance, and (4) ultraviolet laser light sources which can reduce a running cost have the advantage that driver voltage can reduce power consumption low.

[0064] Since the optical modulator 21 which has the thin film side non-polar zone 41 and the substrate side non-polar zone 43 is used, compared with the composition using the optical element (PLZT element) and liquid crystal optical shutter (FLC) which modulate the conventional transmitted light, the absorptivity of incident light can be boiled markedly, and can be lessened, and the endurance to ultraviolet laser radiation can be improved. As a result, even if it is a case where it exposes by using high-output ultraviolet laser for a light source, the reliability of an exposure device can be raised substantially. Since the optical modulator array 95 is driven by electric machine operation using electrostatic force, it is low driver voltage (V - several [several] 10V), and working speed is tens. [nsec] It is obtained to a grade and, in addition to the effect that above-mentioned endurance improves, high-speed exposure is also attained.

[0065] Although this embodiment explained the example which makes a high-output laser light source the ultraviolet laser light source constituted from a GaN system semiconductor laser and a multiplexing optical system, a high-output laser light source may consist of either of the following (1) - (4). (1) Gallium nitride semiconductor laser. The gallium nitride semiconductor laser which has a luminous region of broadcloth area preferably. (2) Semiconductor laser excitation solid state laser which carries out wavelength changing of the laser beam produced by exciting a solid state laser crystal with the semiconductor laser, and emits it by a light wavelength sensing element. (3) Fiber laser which carries out wavelength changing of the laser beam produced by exciting a fiber with the semiconductor laser, and emits it by a light wavelength sensing element. (4) The above (1) High-output laser light source which comprised one of the laser light sources or lamp light sources, and multiplexing optical systems of - (3). In this embodiment, although the light source was made into ultraviolet radiation, they may be infrared rays and which visible and ultraviolet wavelength.

[0066] Although the above-mentioned embodiment explained the composition which carries out focus control of the modulated light which passed the optical modulator array 95, and irradiates

the exposure object thing 63 with it with the zoom lens 97, As shown, for example in drawing 13, the exposure device 61 allocates the condensers 113, such as a rod lens, between the optical modulator array 95 and the photoconductive drum 111, makes the modulated light from the optical modulator array 95 condense by this condenser 113, and may be exposed in an exposure object thing.

[0067] Since according to such composition the modulated light from the optical modulator array 95 is condensed by the condenser 113 and it exposes directly to photosensitive materials, there is an advantage which can constitute the optical system near abbreviated adhesion exposure.

Although the example using the photoconductive drum which is an outer drum as a transportation device was explained here, it is good also as composition using other transportation devices, such as not only this but an inner drum, a flat bed, etc.

[0068]

[Effect of the Invention] Since according to the optical modulator concerning this invention the opening was separated and the placed opposite of the second planar substrate that equips with an interference film the opposite hand of the first planar substrate that sandwiches a movable thin film, and light penetrates was carried out in parallel as explained to details above, In the case where a movable thin film and the first planar substrate are made to penetrate conventionally, the narrow wavelength margin can be made large, thickness precision, optical system inclusion accuracy, the precision of wave length of incident light, etc. can be loosened, and, as a result, the manufacturing cost of an optical modulator can be low held down now. And since according to the optical modulator array concerning this invention two or more optical modulators were made to approach in the direction which intersects perpendicularly with the longitudinal direction of a movable thin film and were installed side by side on the same flat surface, light modulation of one line can be simultaneously carried out with the pixel number of the number of side-by-side installation and the same number of an optical modulator. Since the optical modulator array, the high-output laser light source which emits an optical beam, and the transportation device to which relative displacement of the emitted light from an optical modulator array is carried out to photosensitive materials were established according to the exposure device concerning this invention, direct-scanning exposure of the photosensitive materials can be carried out.

[Translation done.]